

УДК 622.24+622.121:543

ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ВИНТОВЫХ ЗАБОЙНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**Игнатов Д.Н.****Научный руководитель – профессор Макушкин Д.О.*****Сибирский федеральный университет***

При бурении вертикальных и горизонтально-направленных нефтяных и газовых скважин в России получил большое распространение винтовой забойный двигатель (ВЗД). Это уникальное изобретение, разработанное в 1966 г советскими учеными - сотрудниками института ВНИИБТ специалистами ВНИИБТ – М.Т. Гусманом, С.С. Никомаровым, Н.Д. Деркачом, Ю.В. Захаровым и В.Н. Меньшениным, в мире относится к числу выдающихся достижений буровой техники XX-го века.

В конструкции ВЗД реализована планетарная косозубая передача с внецентренным гипоциклоидным зацеплением. Передача осуществляется рабочей парой – винтовым ротором, выполненным из легированной стали с хромированным покрытием, и трубчатым статором, к внутренней поверхности которого привулканизирована резина с зубьями, выполненными по винтовой линии и контактирующими непрерывно с зубьями ротора. Число зубьев статора на единицу больше числа зубьев ротора, благодаря чему обеспечивается подача долота на забой. Условием нормального функционирования данной пары является наличие и сохранение в ней натяга 0,2 – 0,6 мм (в зависимости от типоразмера ВЗД и температурных условий).

Использование ВЗД позволило намного повысить ресурс применяемых буровых долот, благодаря оптимизации режимов бурения, строить эффективно как вертикальные, так и наклонно – направленные скважины с боковыми стволами на больших глубинах в широком диапазоне диаметров. ВЗД имеет универсальные возможности по области применения: не только при бурении скважин, но и при их капитальном ремонте, колтюбинговом бурении, а также и при проходке скважин для прокладки подземных коммуникаций в строительстве. Его конструктивная схема реализована в забойных двигателях диаметром от 42мм до 240мм.

По информации одного из руководителей института ВНИИБТ Боброва М.Г. было создано свыше 80 конструкций ВЗД с вариациями исполнений. При их разработке учитывались конкретные условия предстоящего использования, причем не только в качестве привода для долота, но и как основного элемента компоновки низа бурильной колонны (КНБК), необходимого для формирования траектории ствола скважины. Большой вклад в развитие конструкции ВЗД и технологии бурения с их использованием внесли специалисты ВНИИБТ и его Пермского филиала, Тюменского ГНГУ и эксплуатирующих предприятий Д.Ф. Балденко, Ф.Д. Балденко, Н.П. Безлепки, Т.Н. Бикчурин, М.Г. Бобров, и многие другие.

Наряду с бесспорными достоинствами в ВЗД имеются конструктивные особенности, предопределившие их небольшие значения моторесурса и наработки на отказ, что снижает их экономическую эффективность. Эти особенности заключаются в тяжелых условиях работы пар трения «ротор – статор», осевых и радиальных опор ВЗД. Так, по данным исследований ученых Тюменского ГНГУ Двойникова М.В и Овчинникова В.П., опубликованным в 2010 г, моторесурс двигателей в зависимости от типоразмера и условий эксплуатации в ОАО «Сургут-нефтегаз», ООО «Газпром бурение», «ТНК – ВР» (НБН), ОАО «Лукойл» (БК Евразия), «Schlumberger» (CGK) составляет от 90 до 235 ч; в буровых компаниях ООО «Газпром бурение» и «КСА Deutag» отказы ВЗД происходили от 5 до 12 в год. Этими исследователями

установлено, что износ РО через 100 часов работы составляет 45 %, из них 33 % (наиболее интенсивный износ резинового эластомера статора) приходится на первые 60-80 ч работы двигателя в скважине. Причины кроются в прочностных характеристиках взаимодействующих поверхностей рабочей пары (резина-сталь), повышенном начальном натяге, а также в увеличении гидравлических и механических сопротивлений в рабочих органах при приработке винтовых поверхностей под действием радиальных сил. На основе результатов исследований специалисты ТГНГУ разработали способ увеличения моторесурса двигателей, бывших в работе и имеющих значительный износ, путем разделения ротора на несколько модулей с возможностью их поворота на определенный угол один относительно другого. Благодаря этому, восстанавливается натяг винтовой пары и снижаются крутильные колебания двигателя, усиливающие износ и разрушение. Авторами упомянутого предложения дано его глубокое научное обоснование и разработана технология бурения ВЗД модульного исполнения.

Следует отметить, что большое влияние на показатели могут оказывать местные организационные и технологические факторы. О том, что показатели надежности могут быть существенно выше, свидетельствуют данные ВНИИБТ и его Пермского филиала, достигнутые еще в 2003-2004г.г. В материалах, опубликованных авторами разработок ВЗД, лучшие результаты по средней наработке на отказ, достигнутые при контрольных наблюдениях еще в 2003 - 2004г.г., равны 334 ч, 391 ч и 660 ч соответственно по опытным партиям двигателей Д5-195 (испытания в ОАО «Сургутнефтегаз»), ДР-240 (ЗАО «Оренбургнефть») и ДВРЗ-176Н (ОАО «Лукойл»). В данное время в результате экспериментальных и промысловых исследований Фуфачева О.И. и Плотникова (ВНИИБТ) созданы новые конструкции ВЗД, обеспечивающие резкое повышение их энергетических характеристик (удельных значений рабочего момента и мощности более чем на 65%), за счет увеличения жесткости контактирующей поверхности зубьев статора (применен металлический корпус с внутренней винтовой поверхностью в качестве основания под резиновую винтовую обкладку статора). При этом в 3 раза уменьшена площадь действия высоких деформаций резиновой обкладки и более чем в 1,5 раза уменьшена температура разогрева эластомера вследствие циклического действия нагрузок, благодаря этому наработка на отказ при испытаниях нового ВЗД составила 585ч.

По статистическим табличным данным, приведенным в опубликованных работах Тюменского ГНГУ, ВНИИБТ и его Пермского филиала, нами выполнена вероятностная оценка показателей надежности ВЗД, на примере двигателей Д2-195 и Д5-195, использовавшихся на объектах ОАО «Сургут-нефтегаз», ООО «Газпром бурение», «ТНК – ВР» (НБН), ОАО «Лукойл» (БК Евразия). При этом использовался пакет программ «Маткад». Принято было, что величины наработки на отказ как случайные величины распределены по нормальному закону для Д2-195, поскольку расчетный коэффициент вариации составил $V_1=0,281$, по экспоненциальному закону для Д5-195 (коэффициент вариации всего лишь $V_2=0,071$). Были построены графики функций плотности распределения наработок на отказ, интенсивности отказов, вероятностей отказа и безотказной работы. По данным этих исследований вероятность безотказной работы двигателя Д2-195, $P(T_1)$, близкая к единице показана при наработке на отказ $T_1=152$ ч, снижаясь до 0,64 при наработке 186 ч. Вероятность же безотказной работы двигателя Д5-195, $P(T_2)=0,89$ показана при наработке на отказ $T_2=175$ ч, снижаясь до 0,08 при наработке 210ч. Полученные данные свидетельствуют, что средние реальные наработки на отказ пока существенно меньше получаемых при промысловых испытаниях опытных партий и задаваемых в Инструкциях по эксплуатации ВЗД. Это очевидно в большей мере

связано с несоблюдением порядка их отработки , рекомендуемого разработчиками, и того ущерба, который несут эксплуатирующие организации, игнорируя необходимость постоянного учета и анализа работы ВЗД. Тем не менее исследования по их модернизации и технологии бурения необходимо продолжать , а соответствующие кафедры ИНиГ СФУ должны принимать в них активное участие, работая в содружестве с красноярскими буровыми предприятиями.

Выводы:1. Современный уровень организации эксплуатации ВЗД не соответствует достигнутому высокому уровню научных исследований в области создания и совершенствования ВЗД.

2. Необходима на территории Красноярского края отлаженная система организации наблюдений за работой новой техники, в том числе за использованием ВЗД.
